

Integração de transdutores de piezoeletretos em vestíveis inteligentes

Ricardo Almeida de Souza Albuquerque

Prof. Dr João Paulo Pereira do Carmo

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - Brasil

ric.albuquerque2021@usp.br jcarmo@sc.usp.br

Objetivos

O presente trabalho visa o projeto, caracterização e otimização de um acessório vestível capaz de detectar e diagnosticar a evolução de doenças degenerativas reumáticas, servindo como alternativa a métodos tradicionais de diagnóstico com caráter invasivo. Junto a este acessório vestível, objetiva-se também a implementação de um circuito eletrônico composto por um oscilador e uma placa ESP32 para realização do processamento digital e armazenamento dos dados coletados, que poderão ser mostrados ao usuário através de um display LCD. Pretende-se também possibilitar o envio desses dados a uma unidade de memória externa para permitir a análise médica de um histórico ao longo de um amplo intervalo de tempo.

Métodos e Procedimentos

A detecção do avanço das doenças reumática ocorre monitorando-se a perda de movimentos nas regiões de articulação do paciente. Esse monitoramento é realizado por meio de um material piezoeletreto incluso no vestível. O piezoeletreto atua como um transdutor, tendo seu valor capacitância incrementado em resposta a estímulos externos de articulação e/ou aplicação de pressão.

A variação desses valores de capacitância é acompanhada inserindo-se o transdutor em um circuito oscilador de onda quadrada, de forma que a aplicação de estímulos mecânicos provoque diminuição da frequência de oscilação do circuito, o que pode ser captado através de um frequencímetro. A implementação do frequencímetro é feita utilizando a placa ESP32 de modelo *Devkitc-V4* com programa escrito para

aquisição de sinais de alta frequência através do módulo PCNT.

Para visualização do sinal adquirido pelo frequencímetro, a ESP32 é conectada a um display LCD que imprime em sua tela o resultado do processamento. A fim de verificar a coerência da informação exibida, a frequência de saída do oscilador é também captada e mostrada por um osciloscópio, permitindo a comparação entre os dois resultados. O intervalo de variação da frequência do oscilador pode ser ajustado multiplexando vários capacitores fixos ou transdutores a partir do CI CD4066.

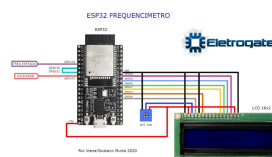


Figura 1: Frequencímetro Implementado com ESP32
Fonte: (MURTA, 2020)

Resultados

Inicialmente foram realizados testes com um potenciômetro na posição $8,85k\Omega$ e um piezoeletreto inserido em paralelo com um único capacitor fixo de $22pF$ no circuito oscilador. Foi fornecida à ESP32 e ao circuito oscilador uma alimentação de $5.0V$. A frequência adquirida pelo osciloscópio foi de $1,095MHz$ quando o transdutor não se encontrava sob estímulo mecânico, diminuindo para valores de até $806,8KHz$ dependendo da intensidade com que o material era pressionado ou articulado. Já no display LCD, o sinal de saída impresso variou entre $1,095MHz$ e $814,5KHz$ nas mesmas condições, mostrando boa correspondência entre as medidas. Em seguida, novos testes

foram feitos inserindo vários capacitores de $22pF$ multiplexados em paralelo com o primeiro a fim de reduzir o intervalo de variação da frequência de oscilação. Com 3 dos capacitores anteriores em paralelo, obteve-se, respectivamente, $643,9KHz$ e $539,7KHz$ como valores inicial e final no osciloscópio e $643,857KHz$ e $541,478KHz$ para o display LCD. Futuramente pretende-se testar o arranjo com os próprios transdutores multiplexados para aumentar de forma ajustável o intervalo de variação da frequência de saída.

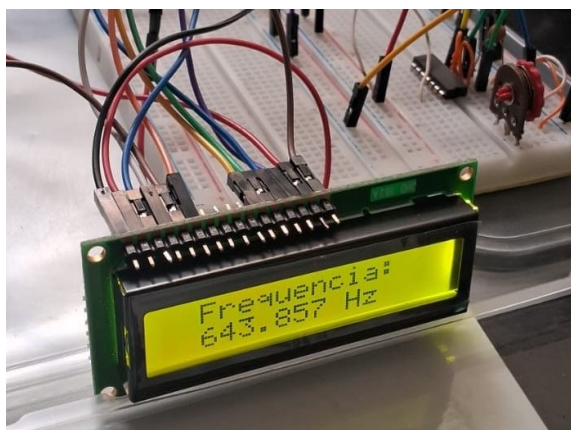


Figura 2: Frequência de Oscilação no Display LCD
Imagem Elaborada pelos Autores

Conclusões

Os resultados dos testes evidenciaram que a alteração no valor de capacitância do piezoeletrico frente a estímulos mecânicos é capaz de provocar ampla modificação na frequência de saída do oscilador, o que pode ainda ser incrementado e ajustado com a inserção multiplexada de transdutores adicionais em paralelo. Portanto, esse método oferece uma possibilidade viável de desenvolver vestíveis que permitam acompanhar a evolução da perda de movimentos articulares em pacientes com doenças reumáticas. Em adição, comprovou-se que o frequencímetro implementado a partir da ESP32 possibilita a medida, com alta exatidão, dos efeitos do transdutor no sinal de saída do oscilador, além de permitir a exibição de resultados através de um display LCD e o armazenamento dos dados coletados durante um extenso período de tempo para posterior análise médica.

Referências

- ARAR, S. Analog and digital implementation of a synchronous demodulator. All About Circuits, 2020.
- BAXTER, L. K.; SOCIETY, I. I. E. Capacitive sensors : design and applications. [S.l.]: IEEE Press, 1997. 302 p. ISBN 0780311302.
- CARMO, J. P.; CORREIA, J. H. Rf cmos transceiver at 2.4 ghz in wearables for measuring the cardio-respiratory function. Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, v. 44, p. 65–73, 1 2011. ISSN 02632241.
- CHOI, S.; JIANG, Z. A novel wearable sensor device with conductive fabric and PVDF film for monitoring cardiorespiratory signals. 2006. 317-326 p.
- CONITEC. Artrite Reumatoide. 2021. Disponível em: <http://conitec.gov.br/>.
- FAIRCHILDSEMICONDUCTOR. LM741 Single Operational Amplifier. 2001. Disponível em: www.fairchildsemi.com.
- KOLASINSKI, S. L. et al. 2019 american college of rheumatology/arthritis foundation guideline for the management of osteoarthritis of the hand, hip, and knee. Arthritis Care and Research, John Wiley and Sons Inc, v. 72, p. 149–162, 2 2020. ISSN 21514658.
- NEOGI, T. Epidemiologia da Dor Articular. 2006. Disponível em: www.eumusc.net.
- RAJALA, S.; LEKKALA, J. Film-type sensor materials pvdf and emfi in measurement of cardiorespiratory signals review. IEEE Sensors Journal, 2012.
- SILVA, L. H. da; BORGES, N. C. UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL Disciplina: SEMINÁRIOS APLICADOS DOENÇA ARTICULAR DEGENERATIVA: PRINCIPAIS MEIOS DIAGNÓSTICOS. 2012.
- MURTA, G. VIANA, R. ESP32 – Frequencímetro de Precisão. Eletrogate - 2020
- WANG, M. T. F.; CHONAN, S. DEVELOPMENT OF A PVDF PIEZOPOLYMER SENSOR FOR UNCONSTRAINED IN-SLEEP CARDIORESPIRATORY MONITORING. [S.l.: s.n.], 2003.